

S. Wilastari ¹⁾,
AP. Bayuseno,
dan
S. Nugroho ²⁾

¹⁾Jurusan Teknika, AKPELNI,
 Semarang

²⁾Jurusan Teknik Mesin,
 Universitas Diponegoro
 Semarang

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR DALAM METODE *STIR CASTING* TERHADAP DENSITAS DAN POROSITAS Al- SiC UNTUK APLIKASI BLOK REM KERETA API

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tentang densitas dan porositas pada Al- SiC yang dihasilkan dari proses pengecoran dengan metode stir casting dengan variasi putaran 300, 500, dan 700 rpm dengan lama waktu pengadukan 10 menit. Pada penelitian ini Al yang digunakan adalah Al hasil limbah produksi dengan penambahan SiC sebesar 10% sebagai penguat yang dicampurkan pada saat pengecoran. Hasil penelitian ditemukan densitas Al-SiC untuk semua variasi putaran, lebih rendah dari besi cor yaitu 2,75; 2,69 dan 2,66 g/cm³, itu berarti bahwa blok rem kereta api yang terbuat dari Al- SiC lebih ringan massanya daripada blok rem kereta api yang terbuat dari besi cor (7,2 g/cm³). Dengan harapan bahwa semakin ringan komponen kereta api akan semakin meningkatkan kehandalan kinerjanya. Sedangkan untuk porositas, Porositas yang diperoleh nilainya hampir sama yaitu 0,9900; 0,9902 dan 0,9903. Nilai porositas yang diperoleh dari variasi putaran sangat rendah, sehingga proses pengecoran dengan stir casting dianjurkan untuk mengurangi porositas.

Kata kunci: Al- SiC, *Stir Casting*, densitas, porositas.

PENDAHULUAN

Blok rem adalah salah satu komponen KA yang habis pakai. Umumnya material blok rem KA yang digunakan adalah besi cor kelabu. Blok rem yang materialnya menggunakan besi cor mempunyai berat 11-12 kg, umur pemakaian hanya mencapai satu bulan. Sehingga mengakibatkan banyaknya pengeluaran untuk perawatan rutin khususnya penggantian blok rem KA yang sudah aus. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan material yang memiliki sifat keras dan ringan untuk menggantikan besi cor kelabu.

Material yang memiliki sifat keras dan ringan biasanya menggunakan material berbasis komposit antara lain: *Aluminium Silicon Carbide* (Al-SiC), *Aluminium Oxide* (Al₂O₃), *Boron Carbide* (B₄C), dll. Penelitian ini akan menggunakan komposit Al- SiC, dimana Al sebagai matrik atau material utama dan SiC sebagai penguatnya. Proses yang digunakan adalah proses *stir casting* yaitu proses pembentukan logam dengan mencairkan aluminium sampai ke titik lelehnya, lalu dicampur dengan SiC serbuk, selanjutnya dituang ke dalam cetakan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kekerasan komposit Al-SiC melalui proses *stir casting* dengan memvariasi kecepatan putar.

Pengaruh kecepatan putar juga diteliti oleh Aqida (2010) dengan bervariasi putaran 100, 200 dan 500 rpm dengan variasi persentase berat 0, 5, 10 dan 15% SiC dengan proses stir casting. Waktu pengadukan 15 menit pada suhu 750°C. Pada

putaran 500 rpm terjadi porositas yang cukup banyak dimana banyak udara terjebak selama proses pengadukan. Kecepatan putaran yang rendah menyebabkan distribusi partikel tidak merata sedangkan penambahan partikel pada matrik akan meningkatkan porositasnya.

Baru-baru ini Bhushan dan Kumar (2011) juga meneliti tentang pengaruh sebaran partikel SiC dengan aluminium 7075 dalam KML. Dalam eksperimennya, Al 7075 (0.06% berat Si) dipadu SiC dengan variasi persentase berat 5, 10 dan 15%. Metode *stir casting* dengan temperatur yang dijaga pada kisaran 750 sampai 800°C selama satu jam ini, diputar selama 10 menit masing-masing pada putaran 500, 650, dan 750 rpm secara berturut-turut untuk sampel no. 1, 2, dan 3. Ketiga sampel ini masing-masing untuk 5%, 10%, dan 15% berat SiC. Ukuran spesimen adalah diameter 55 mm dan panjang 170 mm. Hasil eksperimen ini menunjukkan kekuatan tarik tertinggi dicapai pada 10% berat SiC (106.30 MPa), sedangkan kekerasan tertinggi pada 15% SiC yaitu sebesar 137 BHN. Peningkatan kekerasan sebesar 10.48% ketika penguat SiC ditambahkan dari 5 sampai 15%. Pada stirring dengan putaran 500 rpm, hasil metallographic memperlihatkan distribusi struktur butirannya seragam dengan batas butir terlihat sangat jelas.

METODE PENELITIAN

1. Persiapan Material

Penelitian ini menggunakan Al hasil daur ulang dengan pengujian komposisi dilakukan di POLMAN Ceper, Klaten seperti pada Tabel 2.1 dibawah ini dan bentuk hasil coran seperti pada Gambar 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Al produk daur ulang

Unsur	% berat	Unsur	% berat
Si	0,478	Ti	0,0170
Fe	0,491	Pb	0,0734
Cu	0,121	Be	< 0,0001
Mn	0,0599	Ca	< 0,0558
Mg	0,411	Sr	< 0,0005
Cr	0,0166	V	< 0,0100
Ni	0,0206	Zr	0,0173
Sn	< 0,0500	Al	98,07
Zn	0,115		

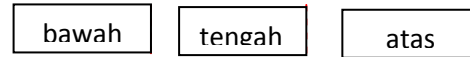


Gambar 2.1. Al hasil coran

Sedangkan SiC dengan karakteristik pada Tabel 2.2

Sifat Fisik	Crystalline
Crystal Habit	Hexagonal/ segi enam
Warna	Abu-abu gelap-hijau kehitaman
Berat spesifik	3,21 g/
Kekuatan tarik	25.000 N/mm
Kinduktifitas thermal	at 293 ° K 41W/mk
	at 873 ° K 335W/mk
	at 1073 ° K 25,5W/mk
Ukuran butir	75-45µm

Dari bahan Al dan SiC akan dibuat sampel (specimen) dengan menggunakan metode *stir casting*, dengan komposisi 10% SiC, waktu pengadukan 10 menit, dan variasi kecepatan putaran 300, 500 dan 700 rpm. Dimensi specimen: 125 mm, diameter 20 mm seperti pada Gambar 3.2. dengan pengambilan sampel untuk pengujian pada posisi atas, tengah dan bawah dengan ukuran 5 mm

Gambar 2.2. Spesimen hasil *Stir Casting*

2. Pengujian densitas

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui bulk density dari sampel komposit Al-SiC. Pengujian ini berdasarkan metode ASTM C20- 749 (*Standart Test Methods for Apperent Porosity and Bulk Density of Burned Refractory Brick by Boiling Water*)

1. Peralatan dan Bahan

- Neraca analitis, untuk menimbang specimen dengan ketelitian sampai 0,01
- Gelas Beaker, digunakan saat menentukan *suspend mass*
- Basket (keranjang), untuk menjaga specimen tetap terendam dalam air saat menentukan *suspended mass*

2. Prosedur pengujian

- Menentukan berat kering specimen (*dry mass*) D, dengan ketelitian sampai 0,01g
- Menentukan berat specimen didalam air (suspended mass) S, dengan ketelitian sampai 0,01g. Pengukuran dilakukan dengan mengikatkan specimen dineraca dengan benang, kemudian ditimbang beratnya didalam air
- Perhitungan densitas dari specimen dengan menggunakan persamaan (Bushan dan Kumar, 2011)

$$\text{Densitas: } \rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O}$$

Dimana: ρ_m : densitas aktual (gram/cm³)

m_s : massa sampel kering (gram)

m_g : massa sampel yang digantung di dalam air (gram)

ρ_{H_2O} : massa jenis air = 1 gram/cm³

- Mengulang prosedur untuk jenis specimen yang berbeda

3. Pengujian Porositas

Untuk mengetahui porositasnya, terlebih dahulu menghitung densitas teoritisnya yaitu dengan persamaan (Bushan dan Kumar, 2011)::

$$= \dots + \dots$$

Dimana : nilai densitas dari Al

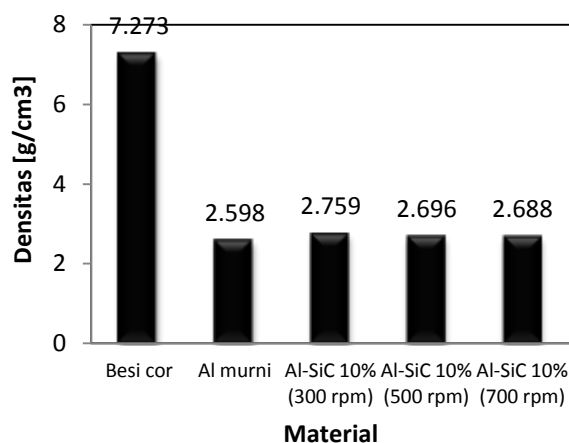
: nilai densitas dari SiC
 Sehingga bisa kita peroleh nilai porositas:

$$\text{Porositas} = 1 - \frac{\rho_{\text{SiC}}}{\rho_{\text{teori}}}$$

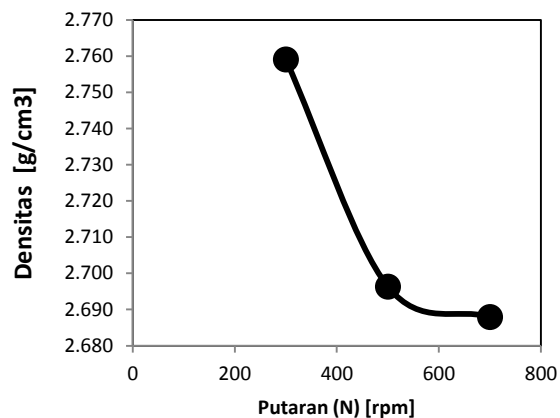
Dimana ρ_{SiC} : nilai densitas yang diukur
 ρ_{teori} : nilai teori densitas

PEMBAHASAN

1. Hasil pengujian densitas



Gambar 3.1. Hasil pengujian densitas untuk besi cor, Al murni dan Al-SiC dengan variasi putaran



Gambar 3.2. Grafik hasil pengujian densitas untuk besi cor, Al murni dan Al-SiC dengan variasi putaran

Dari gambar 3.1. dapat dilihat bahwa densitas besi cor sebesar 7,273 g/cm³, hal ini mendekati nilai hasil penelitian Santoso (2009) yaitu sebesar 7,228 g/cm³ yang juga menggunakan besi cor hasil produksi dari Ceper, Klaten. Dan juga mendekati nilai densitas besi cor menurut Callister (2007) yaitu sebesar 7,3 gr/cm³.

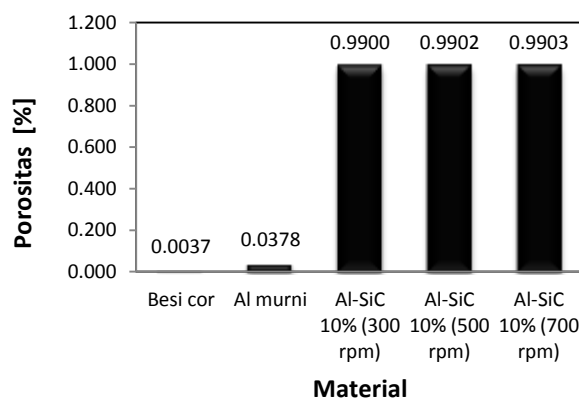
Nilai densitas material Al murni sudah sesuai harapan karena mendekati nilai densitas secara teoritis Al yaitu 2,7 gr/cm³ (Callister, 2007). Jika dibandingkan dengan Al murni hasil pengecoran

limbah, maka densitas Al- SiC untuk semua variasi putaran lebih tinggi. Hal ini sangat realistis karena adanya SiC sebagai partikel penguat sehingga densitasnya lebih tinggi.

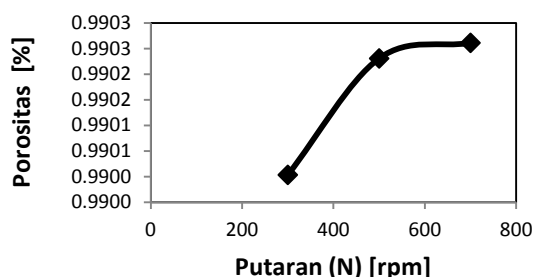
Densitas Al- SiC untuk semua variasi putaran, lebih rendah dari besi cor, itu berarti bahwa blok rem kereta api yang terbuat dari Al- SiC lebih ringan massanya daripada blok rem kereta api yang terbuat dari besi cor. Dengan harapan bahwa semakin ringan komponen kereta api akan semakin meningkatkan kehandalan kinerjanya. Pengaruh variasi putaran terhadap densitas adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi putaran maka densitasnya semakin rendah, hal ini disebabkan partikel SiC lebih mudah menyebar merata ketika putaran tinggi (750 rpm). Sehingga pada putaran tinggi densitasnya lebih tinggi daripada putaran lainnya.

Hasil yang di dapat dari pengaruh variasi putaran terhadap densitas nilainya hampir sama (seragam), dimana penurunan nilai densitasnya tidak signifikan yaitu di bawah 1%. Nilai densitas yang diperoleh yaitu kisaran 2,6654- 2,7591 g/cm³. Hal ini dikarenakan variasi putaran tidak berpengaruh terhadap densitas Al-SiC. Densitas yang merupakan fungsi dari massa dan volume tidak akan berubah meskipun proses stir casting menggunakan variasi putaran pengadukan yang berbeda. Perbedaan nilai densitas dimungkinkan jika variasi penambahan partikel SiC dilakukan. Hal ini mengingat densitas antara Al dan SiC berbeda.

2. Hasil pengujian porositas



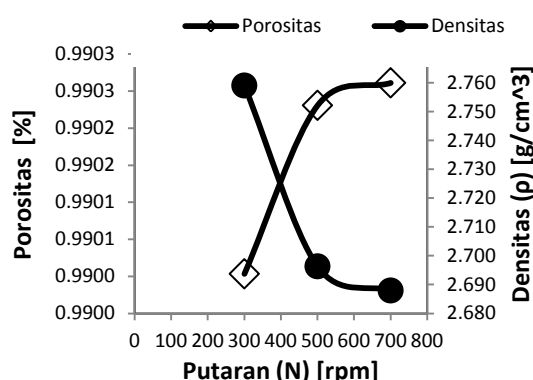
Gambar 3.3. Hasil pengujian porositas untuk besi cor, Al murni dan Al-SiC dengan variasi putaran



Gambar 3.4. Grafik hasil pengujian densitas untuk besi cor, Al murni dan Al-SiC dengan variasi putaran

Dari Gambar 3.3 bisa dilihat bahwa tidak terjadi porositas pada semua bahan dengan variasi putaran. Porositas yang diperoleh nilainya hampir sama dimana perbedaan harga porositas yang di dapat tidak signifikan karena hanya dibawah 1%. Hal ini tidak sesuai dengan penelitian Bushan, dkk (2009) bahwa semakin tinggi rpm maka semakin banyak jumlah porositasnya, karena semakin tinggi putaran maka semakin banyak udara yang terjebak selama proses pengadukan.

Pada penelitian ini nilai porositas yang diperoleh dari variasi putaran berbanding terbalik dengan nilai densitas, seperti yang dikemukakan oleh Callister (2007). Hasil yang diperoleh dari nilai densitas tidak signifikan, maka nilai porositasnya juga tidak signifikan, karena nilai porositas diambil berdasarkan hasil densitas. Dari data tersebut di atas proses variasi pengadukan (*stir casting*) dapat menjadikan produk coran dengan cacat porositas sangat kecil.



Gambar 3.5. Grafik porositas dan densitas

Bahwa hasil dari pengujian, nilai densitas berbanding terbalik dengan porositas, dimana semakin tinggi densitasnya maka porositas akan rendah, begitu pula sebaliknya.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan:

1. Densitas Al- SiC untuk semua variasi putaran, lebih rendah dari besi cor, itu berarti bahwa blok rem kereta api yang terbuat dari Al- SiC lebih ringan massanya daripada blok rem kereta api yang terbuat dari besi cor. Dengan harapan bahwa semakin ringan komponen kereta api akan semakin meningkatkan kehandalan kinerjanya.
2. Semakin tinggi putaran adukan maka akan semakin tinggi pula porositasnya.
3. Nilai densitas berbanding terbalik dengan porositas
4. Untuk proses pengecoran stir casting perlu perbaikan supaya hasil sebaran SiC lebih merata pada semua posisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqida, SN, dkk. (2010), “ The Effect of Porosity on Fatigue For Cast Metal Matrix Composites”. *Jurnal Teknologi*, **40(A)**, 17-32.
- Aqida, SN, dkk. (2010), “ The Effects of Stirring Speed and Reinforcement Particles on Porosity Formation in Cast MMC” *Jurnal Mekanikal*, **16**, 22-30.
- Bhushan, R.K. and Kumar, S. (2011), “Influence of SiC particles distribution and their weight percentage on 7075 Al alloy”, *Journal of Materials Engineering and Performance*, Volume **20(2)** March 2011, 317 – 323.
- Bushan, RJ and Kumar, S (2009), “ Optimisation of porosity of 7075 Al alloy 10% SiC composite produced by stir casting process through Taguchi method” , *Int. J. Materials Engineering Innovation*, **Vol. 1**. No.1
- Davis, JR., dkk (1993), “ *Specialty Handbook, Aluminium and Aluminium Alloys*”, ASM International Handbook Comitee, Ohio.
- Hartomo, A. J. (1992),” *Komposit Metal*”. Yogyakarta: Andi Offset
- Kennedy, A.R., Karantzalis, A.E., and Wyatt, S.M. (1999), “The microstructure and mechanical properties of TiC and TiB₂-reinforced cast metal matrix composites”, *J. Mater. Sci.*, **34**, 933–940.
- Miyauchi, T., dkk (2009), “*Pengaruh Filter Silikon Karbida Besi Cor di Blok Rem Komposit Terhadap Kinerja Rem dan Pengembangan Proses Produksi*”,
- Moon, H.K. (1990), “*Rheological Behaviour and Microstructure of Ceramic Particulate—*

- Aluminium Alloy Composites*", PhD Thesis, MIT.
- Octavianus, S, (2006), "*Studi Fase Dan Kekerasan Paduan Al- Si Setelah Penambahan Serbuk Rumah Kerang Laut Anadar Granosa Pada Proses Stir casting*", Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya
- Prabu, S.B, Karunamoorthy, L., Kathiresan, S., and Mohan, B. (2006) "Influence of stirring speed and stirring time on distribution of particles in cast metal matrix composite", *Journal of Materials Processing Technology*, **171**, 268–273.
- Ray dan Kerketta (2010), "*Some studies on Alumunium Matrix in –situ Composite Produced by Stir Casting Method*", Master Thesis, National Institut of Technology, Rourkee
- Ren, Z and Chan, S.L. (2000), "*Mechanical Properties of Nanometrik Particulate Reinforced Aluminium Composites*", School of Materials Science and Engineering, UNSW
- Santoso, K.A. (2009), "*Komposit Matriks Logam Al/SiC Pada Bahan Rem KA*", Tugas Sarjana, Undip, Semarang.
- Singla, M., Singh, L., and Chawla, V. (2009) "Study of wear properties of Al-SiC composites", *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. **8**, No.10, 813-819.
- Susanto, L. (2004), "*Analisa Pengaruh Variasi Kecepatan Putar dan Lama Pengadukan Terhadap Sifat Mekanis Produk Stir casting*", Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya
- Vincent, (2009), "*Studi Pengembangan Parameter Proses Produksi Blok Rem KA Berbahan Komposit*", ITB, Bandung.
- www.kereta-api.co.id
- Yuwono H.A., (2009), "*Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material Pengujian Merusak (Destruktive Testing)*", Universitas Indonesia, Jakarta.